



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07253525 A**(43) Date of publication of application: **03.10.95**

(51) Int. Cl. **G02B 6/42**  
**G02B 6/32**  
**H01L 33/00**  
**H01S 3/18**

(21) Application number: **06215681**(22) Date of filing: **09.09.94**

(30) Priority: **25.10.93 JP 05266312**  
**25.01.94 JP 06 6092**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

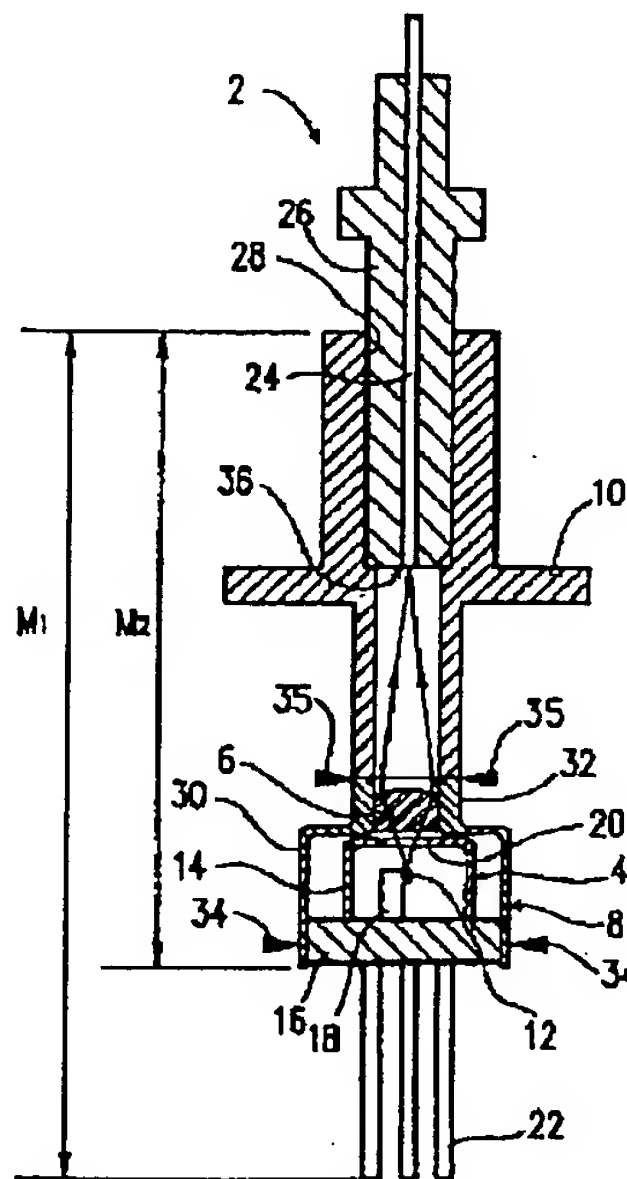
(72) Inventor: **TOJO MASAOKI**  
**KURATA NOBORU**

**(54) OPTICAL SEMICONDUCTOR MODULE AND ITS PRODUCTION****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To reduce the number of constituting parts or cost while maintaining high optical coupling efficiency and to suppress the variation in the overall length of a module to a lower level.

**CONSTITUTION:** This module has a semiconductor light emitting element 4, a cylindrical holder 8 and a receptacle 10. The spacing between the optical semiconductor element 4 inserted into the cylindrical holder 8 and a lens 6 fixed into the cylindrical holder 8 is adjusted within the cylindrical holder 8. A ferrule 26 inserted and fixed with one end edge of an optical fiber 24 is inserted into a recessed part 28 of the receptacle 10. The receptacle 10 and the cylindrical holder 8 are slid and aligned in a radial direction in a butt position 35 and are welded.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7 - 2 5 3 5 2 5

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 10 月 3 日

(51) Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G02B 6/42

6/32

H01L 33/00

M

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 1 2 O L (全 1 2 頁)

(21) 出願番号 特願平 6 - 2 1 5 6 8 1

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 9 月 9 日

(31) 優先権主張番号 特願平 5 - 2 6 6 3 1 2

(32) 優先日 平 5 (1993) 10 月 25 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平 6 - 6 0 9 2

(32) 優先日 平 6 (1994) 1 月 25 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 0 0 0 0 0 5 8 2 1

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

(72) 発明者 東城 正明

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下

電器産業株式会社内

(72) 発明者 倉田 昇

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下

電器産業株式会社内

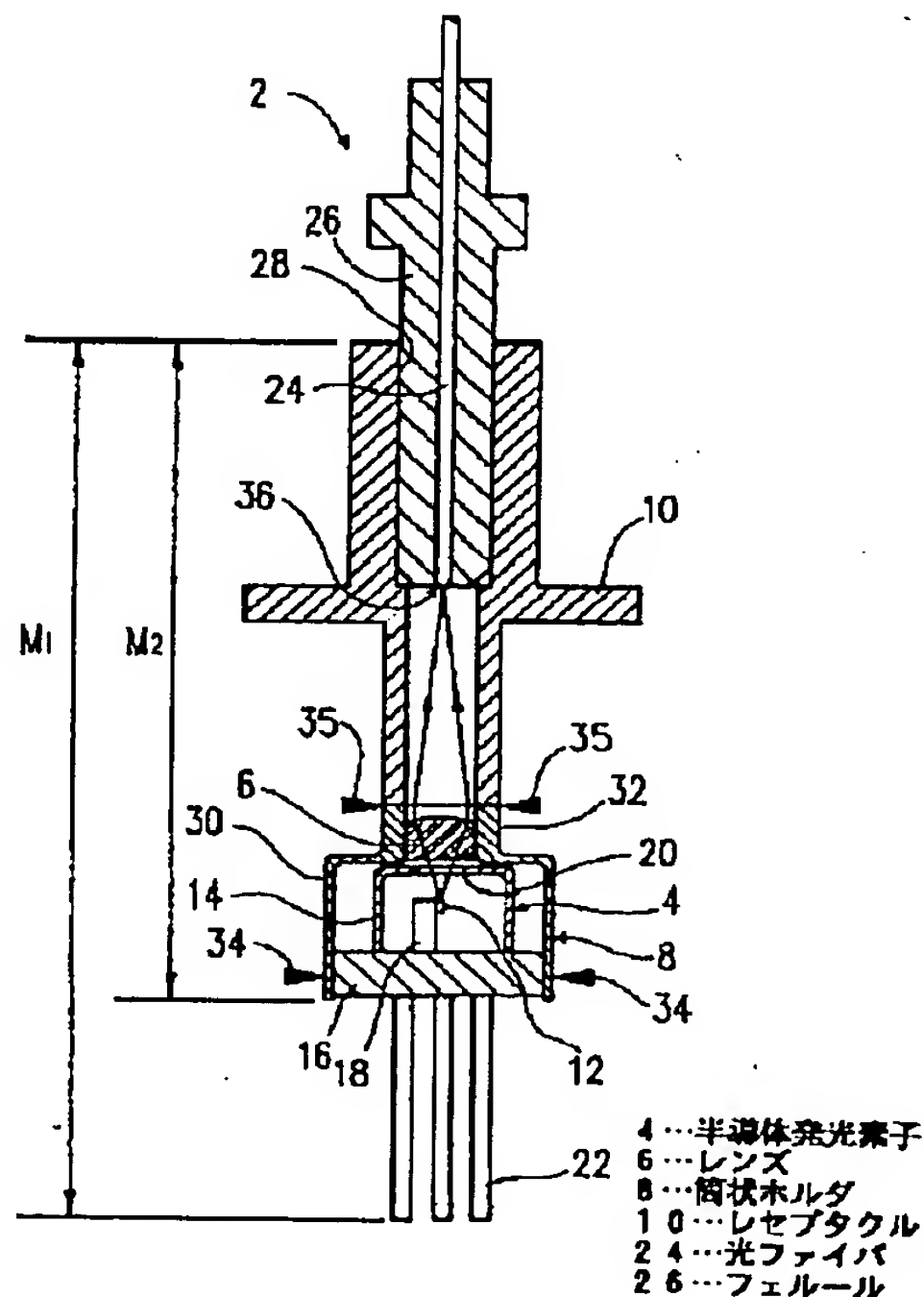
(74) 代理人 弁理士 石原 勝

(54) 【発明の名称】 光半導体モジュールおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高い光結合効率を維持しつつ構成部品の点数またはコストの低減を図るとともに、モジュールの全長のばらつきを低く抑える。

【構成】 半導体発光素子 4 と、筒状ホルダ 8 と、レセプタクル 10 とを備える。筒状ホルダ 8 内に挿入された光半導体素子 4 と、筒状ホルダ 8 内に固定されたレンズ 6 との間隔を筒状ホルダ 8 内で調整する。光ファイバ 24 の一端縁を挿入固定したフェルール 26 がレセプタクル 10 の凹入部 28 に挿通され、レセプタクル 10 と筒状ホルダ 8 とは、突き合わせ位置 35 で半径方向に摺動して軸合わせされ、かつ、溶接される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体発光素子と、  
この半導体発光素子から発せられた光を集束するレンズと、  
前記半導体発光素子および前記レンズの二者間における間隔を所定値に保持するために、前記二者を同軸的に挿通した筒状ホルダと、  
光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェルールを支承するための凹入部を外端面に有するレセプタクルとを備え、  
前記レセプタクルの内端面が、前記筒状ホルダのレンズ側の端面に同軸的に突き合わされて固定されていることを特徴とする光半導体モジュール。

【請求項 2】 筒状ホルダが、半導体発光素子を挿通して固定した第 1 の筒体と、レンズを挿通して固定した第 2 の筒体と、第 1 および第 2 の筒体間に一端縁を介入して、他端縁に軸方向に突出した突起部を有する第 3 の筒体とからなり、レセプタクルの内端面が、前記突起部を受け入れる凹部を有していることを特徴とする請求項 1 記載の光半導体モジュール。

【請求項 3】 レンズの周縁にレンズと一体形成された筒状部が、半導体発光素子に当接していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 4】 レセプタクルの外周面が、内端面の近傍に楔状のくびれ部を有していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 5】 筒状ホルダおよびレセプタクルの少なくとも一方が、0.05 重量%以下の硫黄を含有したフェライト系ステンレス鋼からなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 6】 レセプタクルの少なくとも内面が、セラミックスで形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 7】 レンズによって集束された光の光軸が、レセプタクルの中心軸に対し交差していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 8】 筒状ホルダの第 3 の筒体の突起部が、レセプタクルの凹部の底面に当接していることを特徴とする請求項 2 記載の光半導体モジュール。

【請求項 9】 光半導体チップおよびその発光面側に設けられた導光体を内蔵してなる半導体発光素子と、  
この半導体発光素子から発せられた光を集束するレンズと、  
前記レンズを挿通して固定した筒状ホルダと、  
光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェルールを支承するための凹入部を外端面に有するレセプタクルとを備え、  
前記レセプタクルの内端面が前記筒状ホルダの一端面に同軸的に突き合わされて固定されていることを特徴とする光半導体モジュール。

【請求項 10】 導光体が円板を含み、この円板の 2 つの主面が反射防止膜で覆われ、側周面が反射膜で覆われていることを特徴とする請求項 9 記載の光半導体モジュール。

【請求項 11】 筒状ホルダ内に光集束用レンズを固定する工程と、  
前記筒状ホルダ内に半導体発光素子を挿入する工程と、  
光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェルールをレセプタクルの外端面の凹入部に挿入する工程と、

10 前記レセプタクルの内端面を前記筒状ホルダの一端面上に同軸的に突き合わせる工程と、

前記半導体発光素子から放射された光が前記レンズによって前記光ファイバの受光面に集光されるように、前記半導体発光素子から前記レンズに至る距離を調整して前記半導体発光素子を前記筒状ホルダ内に固定する工程と、

前記筒状ホルダおよび前記レセプタクルを相対的に軸合わせして、前記ホルダに前記レセプタクルを固定する工程とを備えることを特徴とする光半導体モジュールの製造方法。

20

【請求項 12】 レンズの周縁にこのレンズと一体形成された筒状部を半導体発光素子に当接させて、半導体発光素子からレンズに至る距離を所定値に設定することを特徴とする請求項 11 記載の光半導体モジュールの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体発光素子から発せられた光を集束して光ファイバに導く光ファイバ通信用の光半導体モジュールおよびその製造方法に関するものである。

30

【0002】

【従来の技術】半導体発光素子から発せられた光を集束して光ファイバに導く光ファイバ通信用の光半導体モジュールにおいては、半導体発光素子と光ファイバとの二者間における光結合効率の向上および構成の簡素化のほかに、軸方向長の均一化が重要な課題となっている。

【0003】従来の光半導体モジュールは、半導体発光素子およびロッド型のレンズを組み込んだキャップ状のホルダ上に、連結用リングを介してレセプタクルを同軸的に設けている。そして、光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェルールが、前記レセプタクルの外端面の凹入部に挿入される構成となっている。

【0004】かかる光半導体モジュールは以下の方法によって製造される。すなわち、半導体発光素子およびレンズをキャップ状のホルダ内に組み込んだのち、このホルダの先端部を連結用リングの一端部に挿入する。そして、光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェルールを、レセプタクルの外端面の凹入部に挿入したのち、前記ホルダと前記リングとを軸方向に相対的に移動させて

50

位置決めしたのち、両者をその接合部でレーザ溶接する。また、前記リングと前記レセプタクルとをその接合面で相対的に移動させて位置決めしたのち、両者をその接合面でレーザ溶接する。なお、かかる構成の光半導体モジュールは特開平 3 - 2 3 3 4 1 5 号公報等に記載されている。

#### 【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のように構成された従来の光半導体モジュールでは、半導体発光素子、レンズおよび光ファイバを所定の関係位置に保持するのに、キャップ状のホルダ、リングおよびレセプタクルの 3 部品を必要とする。また、半導体発光素子とレンズとの相対位置が、両者をホルダ内に組み込んだ時点で一義的に決まってしまう。このため、半導体発光素子から放射された光を光ファイバの受光面に効率よく入射させるのに、ホルダと連結用リングとの固定位置を軸方向に移動調整して、ホルダからレセプタクルに至る距離を調節する必要がある。このことは、光半導体モジュールの軸方向長を変化させることになるので、光半導体モジュールの外形にばらつきを生じる結果を招く。

【 0 0 0 6 】本発明の目的は、光半導体モジュールの軸方向長のばらつきを解消させるとともに、半導体発光素子と光ファイバとの光結合効率を高めることのできる光半導体モジュールを提供することにある。

#### 【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】本発明によると、上述した目的を達成するために、半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光を集束するレンズと、前記半導体発光素子および前記レンズの二者間における間隔を所定値に保持するために、前記二者を同軸的に挿通した筒状ホルダと、光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェールールを支承するための凹入部を外端面に有するレセプタクルとを備え、前記レセプタクルの内端面が、前記筒状ホルダのレンズ側の端面に同軸的に突き合わされて固定されていることを特徴とする光半導体モジュールが提供される。

【 0 0 0 8 】ここで、筒状ホルダが、半導体発光素子を挿通して固定した第 1 の筒体と、レンズを挿通して固定した第 2 の筒体と、第 1 および第 2 の筒体間に一端縁を介入して、他端縁に軸方向に突出した突起部を有する第 3 の筒体とからなり、レセプタクルの内端面が、前記突起部を受け入れる凹部を有している構成となすことができる。また、レンズの周縁にレンズと一体形成された筒状部が、半導体発光素子に当接した構成となすことができる。また、レセプタクルの外周面が、内端面の近傍に楔状のくびれ部を有する構成となすことができる。また、筒状ホルダおよびレセプタクルの少なくとも一方が、0. 0 5 重量%以下の硫黄を含有したフェライト系ステンレス鋼からなる構成となすことができる。また、

レセプタクルの少なくとも内面が、セラミックスで形成された構成となすことができる。また、レンズによって集束された光の光軸が、レセプタクルの中心軸に対し交差した構成となすことができる。また、筒状ホルダの第 3 の筒体の突起部が、レセプタクルの凹部の底面に当接した構成となすことができる。

【 0 0 0 9 】さらに、光半導体チップおよびその発光面側に設けられた導光体を内蔵してなる半導体発光素子と、この半導体発光素子から発せられた光を集束するレンズと、前記レンズを挿通して固定した筒状ホルダと、光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェールールを支承するための凹入部を外端面に有するレセプタクルとを備え、前記レセプタクルの内端面が前記筒状ホルダの一端面に同軸的に突き合わされて固定されていることを特徴とする光半導体モジュールが提供される。

【 0 0 1 0 】ここで、導光体が円板を含み、この円板の 2 つの主面が反射防止膜で覆われ、側周面が反射膜で覆われた構成となすことができる。

【 0 0 1 1 】さらにまた、筒状ホルダ内に光集束用レンズを固定する工程と、前記筒状ホルダ内に半導体発光素子を挿入する工程と、光ファイバの一端縁を挿通して固定したフェールールをレセプタクルの外端面の凹入部に挿入する工程と、前記レセプタクルの内端面を前記筒状ホルダの一端面上に同軸的に突き合わせる工程と、前記半導体発光素子から放射された光が前記レンズによって前記光ファイバの受光面に集光されるように、前記半導体発光素子から前記レンズに至る距離を調整して前記半導体発光素子を前記筒状ホルダ内に固定する工程と、前記筒状ホルダおよび前記レセプタクルを相対的に軸合わせして、前記ホルダに前記レセプタクルを固定する工程とを備えることを特徴とする光半導体モジュールの製造方法が提供される。

【 0 0 1 2 】ここで、レンズの周縁にこのレンズと一体形成された筒状部を半導体発光素子に当接させて、半導体発光素子からレンズに至る距離を所定値に設定する構成となすことができる。

#### 【 0 0 1 3 】

【作用】本発明においては、半導体発光素子とレンズとの間隔が筒状ホルダ内で調整されるとともに、レンズで集束された光の光軸と光ファイバの光軸とのずれが、筒状ホルダとレセプタクルとの突き合わせ面で調整されるので、これらの調整によって光半導体モジュールの全長にばらつきを生じることが解消される。また、ハウジング構成部品としては基本的に、筒状ホルダおよびレセプタクルの 2 点で足りるので、構成の簡素化およびコストの低減を図ることができる。なお、光的結合度を最大ならしめるための間隔調整は、レンズから光ファイバの先端に至る距離を調整するよりも、半導体発光素子からレンズに至る距離を調整した方が、少ない調整量ですむ。

【 0 0 1 4 】また、筒状ホルダのレセプタクル側の端面



に軸方向に突出した突起部を設け、レセプタクルの内端面に前記突起部を受け入れる凹部を設ける構成となすことによって、溶接等で発生したダストのレンズへの付着を防ぐことができる。

【0015】また、レセプタクルの外周面に楔状のくびれ部を設けることによって、筒状ホルダとレセプタクルとの突き合わせ面での溶接を短時間に確実に達成できる。

【0016】また、筒状ホルダおよびレセプタクルの少なくとも一方を0.05重量%以下の硫黄を含有したフェライト系ステンレス鋼を用いることによって、加工性を良好ならしめ得るのみならず、溶接時におけるクラックの発生を防止することができる。

【0017】また、レンズによって集束された光の光軸が、レセプタクルの中心軸に対して交差するように構成することによって、光ファイバの先端で反射した光が光半導体素子へ入射するのを防ぐことができる。

【0018】

【実施例】つぎに、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

【0019】（実施例1）図1に示す光半導体モジュール2は、半導体発光素子4と、集束用レンズ6と、半導体発光素子4およびレンズ6を同軸的に挿入した筒状ホルダ8と、レセプタクル10とを有している。半導体発光素子4は、レーザダイオードからなる光半導体チップ12と、これを覆う保護キャップ14と、円盤状のステム16とを有し、ステム16上にマウント18を介して光半導体チップ12が固定されている。保護キャップ14もステム16に固定されている。光半導体チップ12から発せられた光は、保護キャップ14に設けられたガラス窓20を通じてとり出される。ステム16およびマウント18は鉄系の金属からなり、金めっき層を表面に有している。光半導体チップ12には端子ピン22が接続されている。光半導体チップ12とマウント18との間に、シリコン等からなるサブマウント（図示せず）が介在していてもよい。レンズ6は、非球面に形成されたNA=0.5のガラス製のもので、表面に反射防止膜を有している。

【0020】レセプタクル10は、光ファイバ24の一端縁を挿入してなるフェルール26を支承するための凹入部28を有している。筒状ホルダ8は、半導体発光素子4の保護キャップ14とステム16とを収納した径大部30と、径大部30に一体に連なる径小部32とを有し、径小部32内にレンズ6が挿入されて固定されている。径大部30はステム16の外径よりもわずかに大きい内径を有しているため、組み立て時には、ステム16を径大部30内で軸方向に移動させることができ、この移動によってレンズ6と半導体発光素子4との間隔が調整される。間隔調整後のステム16と径大部30とは、位置34においてレーザ溶接される。また、筒状ホルダ

8の径小部32は約2mmの肉厚を有しており、その平滑な外端面とレセプタクル10の内端面とが、位置35で突き合わされてレーザ溶接される。

【0021】半導体発光素子4の光半導体チップ12から放射された光をレンズ6で光ファイバ24の一端面36に効率よく入射させるためには、光半導体チップ12、レンズ6および光ファイバ24の一端面36の位置合わせ調整が重要となる。図2に示すように、光半導体チップ12とレンズ6との間隔をL1、レンズ6と光ファイバ24との間隔をL2とし、レンズ6の光軸と光半導体チップ12の光軸とのずれ量をL3、レンズ6の光軸と光ファイバ24の光軸とのずれ量をL4とすると、光半導体チップ12と光ファイバ24との光結合効率は図3～図6に示すような特性で表される。なお、この特性を測定するのに用いた光ファイバ24は、コア径50μmのマルチモード型ファイバであった。

【0022】図3および図4からわかるように、80%以上の光結合効率を得るのに、L2では約200μm（約5.64mm～約5.84mm）の許容範囲がある。これに対してL1では、約60μm（±約30μm）の許容範囲しかない。このことは、80%以上の光結合効率を得られるようにL2を調整して光半導体モジュールを作製する場合は、光半導体モジュールの全長が約±100μmの範囲でばらつくことを意味する。これに対して、80%以上の光結合効率を得られるようにL1を調整して光半導体モジュールを作製する場合は、その全長のばらつきが約±30μmの範囲内に納まることになる。

【0023】したがって、L1を調整して光半導体モジュールを作製すると、図1に示す全長M1のばらつきを少なく抑えることができる。L1を調整したのちに、YAGレーザを用いた溶接によって各部品を相互に固定しなければならないが、溶接時に±5μm程度の位置ずれが生じる。溶接時の位置ずれは、上述したL1の許容範囲よりも十分に小さいので、溶接によってL1の調整位置にずれが生じても許容範囲内に納まり、80%以上の光結合効率を得ることができる。一方、半導体発光素子4側においても、そのステム16およびキャップ14は筒状ホルダ8の径大部30内に完全に挿入されているので、端子ピン22を除く光半導体モジュールの長さM2は、上述の調整に左右されることなく一定の値となる。

【0024】つぎに、レンズの光軸に直角な方向への位置ずれ（軸ずれ）と光結合効率との関係を考察すると以下のようなになる。すなわち、80%以上の光結合効率を得るためのL3およびL4はそれぞれ、図5および図6に示すように約12μm（±6μm）および約34μm（±17μm）の各許容範囲となる。上述したように溶接時に±5μm程度の位置ずれが生じることを考慮すると、L3の許容範囲は溶接時の位置ずれに較べて十分に大きいとはいえない。したがって、L4を調整して光半

導体モジュールを作製した方が有利である。

【0025】上述した光路調整を図1に示した光半導体モジュール2において行う場合、半導体発光素子4とレンズ6とを筒状ホルダ8内で相対的に移動させる間隔調整によってL1が調整される。また、筒状ホルダ8とレセプタクル10とをそれらの突き合わせ面で相対的に移動させる軸ずれ調整によってL4が調整される。

【0026】つぎに、光半導体モジュール2の製造方法を具体的に説明すると、まず、筒状ホルダ8の径小部32内にレンズ6を挿入して固定する。次いで、半導体発光素子4を筒状ホルダ8の径大部30内に挿入する。また、光ファイバ24の一端縁を挿入してなるフェルール26をレセプタクル10の凹入部28内に挿入しておく。次いで、径小部32の外端面とレセプタクル10の内端面とを突き合わせた状態を保持して、半導体発光素子4の光半導体チップ12を発光させる。光ファイバ24に入射した光の強度を測定しながら、半導体発光素子4のステム16を径大部30内で位置決めし、位置34における溶接をYAGレーザで行う。次いで、筒状ホルダ8とレセプタクル10とをそれらの突き合わせ面で光

軸に直角な方向に移動させて位置決めしたのち、位置35における溶接をYAGレーザで行う。

【0027】本実施例の光半導体モジュール2においては、製造歩留まりを低下させることなく、光半導体モジュール2の全長のばらつきを小さく抑えることができる。また、2個のハウジング構成部品で足りるので、製造工程を簡略化でき、光路の調整が容易となり、高光結合効率の光半導体モジュールを得ることができる。

【0028】（実施例2）図7に示す実施例での光半導体モジュール42は、実施例1における光半導体モジュール2と一部分で共通しており、共通する構成要素には同一の符号が付してある。光半導体モジュール42は、半導体発光素子4、集束用レンズ44、筒状ホルダ46およびレセプタクル48からなり、プラスチックからなるレンズ44は、その周縁に一体形成された筒状部50を有している。筒状部50は、筒状ホルダ46の天板部の下面に設けられた凹部52と半導体発光素子4の保護キャップ14との間に挟まれて保持されている。筒状部50は、レンズ44と半導体発光素子4との間隔を規定するスペーサとして機能し、半導体発光素子4から放射された光がレンズ44によって光ファイバ24の受光面に集光するように、その高さが調整されている。

【0029】具体的には、所定高さの筒状部50を有するレンズ44を形成したのち、筒状部50の高さを少しづつ削りながら、半導体発光素子4とレンズ44との間隔を適切な値に調整する。その後、半導体発光素子4を筒状部50に押し当てながら位置54でステム16と筒状ホルダ46とを溶接する。この方法によると、溶接時の半導体発光素子4は筒状部50を介して筒状ホルダ46に固定されるので、溶接時における位置ずれが軽微と

なる。

【0030】また、筒状ホルダ46の天板部の下面に設けられた凹部52が筒状部50の上端縁を支承するので、レンズ44と筒状ホルダ46との同軸性が良好となる。そのうえ、レンズ44を固定しやすく、しかも、レンズ44自体に直接ストレスがかからないという利点がある。

【0031】レセプタクル48と筒状ホルダ46との接合は、実施例1におけると同様の要領で行われる。レセプタクル48の外周面には、筒状ホルダ46との突き合わせ面56を底面とする円錐が形成されるように、楔状のくびれ部58が形成されている。したがって、位置60において斜めからレーザ溶接を施すと、機械的強度をほとんど低下させることなく短時間でかつ良好にレセプタクル48と筒状ホルダ46とを接合することができる。

【0032】（実施例3）図8に示す実施例での光半導体モジュール62は、実施例2における光半導体モジュール42と一部分で共通しており、共通する構成要素には同一の符号が付してある。この光半導体モジュール62は、レンズ64の形状において実施例2の光半導体モジュール42と相違している。プラスチックからなるレンズ64は、その周縁に一体形成された円筒状のスカート部66および軸方向に突出した突起部68を有しており、突起部68が筒状ホルダ46の凹部52に入り込んでいる。レンズ64は、筒状ホルダ46の天板部と半導体発光素子4のステム16とに挟まれて保持される。スカート部66は、半導体発光素子4とレンズ64との間隔を規定するスペーサとして機能する。半導体発光素子4とレンズ64との間隔は、スカート部66の高さを少しずつ削ることによって調整され、ステム16と筒状ホルダ46とが位置72で溶接される。このような構造のレンズ64を用いることによって、半導体発光素子4のキャップ14の高さとは無関係に、光半導体チップ12とレンズ64との間隔を最適値に調節することができる。レセプタクル70とホルダ46とは実施例2におけると同様に、軸ずれを調整したのちに位置74で相互に溶接される。

【0033】（実施例4）図9に示す実施例での光半導体モジュール82は、半導体発光素子4を挿通して固定した第1の筒体84と、非球面のレンズ6を挿通して固定した鉄系金属製の第2の筒体94と、第1および第2の筒体84、94間に下端縁を介入させた第3の筒体86とで筒状ホルダを構成し、これにレセプタクル88を接合している。半導体発光素子4のステム16と第1の筒体84とは、位置90においてYAGレーザでスポット溶接されている。第1の筒体84の上端縁92は幅約1mmにわたって厚さ約0.2mmの薄肉に形成されている。一方、第2の筒体94は、第3の筒体86の穴96の下端部に挿通されていて、第3の筒体86とは、位

置 9 5 において溶接されている。穴 9 6 の上端部には筒状の突起部 9 7 が軸方向に突出している。また、第 3 の筒体 8 6 の下端面は約 0.5 mm の幅で面とりされており、これによるテーパ部 8 5 が第 3 の筒体 8 6 を第 1 の筒体 8 4 内に挿入しやすくしている。そして、第 1 の筒体 8 4 と第 3 の筒体 8 6 とがスムーズに摺動できるように、第 3 の筒体 8 6 は滑らかな外周面を有し、第 1 の筒体 8 4 の上端縁 9 2 が第 3 の筒体 8 6 に、位置 9 2 における溶接で固定されている。

【0034】第 1 の筒体 8 4 の上端縁 9 2 が残余の部分と異なる外形状を有しているため、溶接時に YAG レーザの照射位置を定めやすい。また、第 1 の筒体 8 4 の上端縁が薄肉に形成されているため、照射されたレーザ光による熱が第 3 の筒体 8 6 に伝わりやすく、そのために、第 1 の筒体 8 4 と第 3 の筒体 8 6 とを確実に溶接することができる。

【0035】第 3 の筒体 8 6 の上端面 9 8 およびレセプタクル 8 8 の下端面 100 はいずれも高い精度で平滑に仕上げられているため、第 3 の筒体 8 6 とレセプタクル 8 8 とを当接させながら半径方向に相対的に摺動させることができる。レセプタクル 8 8 の下端面 100 の外径は、第 3 の筒体 8 6 の上端面 9 8 の外径よりも若干大きく形成されている。また、レセプタクル 8 8 の下端面 100 の中央部に、突起部 9 7 を受け入れるための凹部 101 が設けられている。第 3 の筒体 8 6 の上端面 9 8 とレセプタクル 8 8 の下端面 100 とが当接する位置 102 で YAG レーザを用いた溶接が行われ、これによって、レセプタクル 8 8 が第 3 の筒体 8 6 に接合される。

【0036】レセプタクル 8 8 はその外端面に、フェルール 26 を支承するための凹入部 104 を有している。フェルール 26 を凹入部 104 に挿入しやすくするために、フェルール 26 の先端面の周縁が面とりされており、これによるテーパ部 106 のために、フェルール 26 の最小直径は 1.75 mm となっている。凹入部 104 の底部における形状は、フェルール 26 の先端部の形状に合わせて形成されており、凹入部 104 の最小口径は約 1.75 mm となっている。

【0037】このため、フェルール 26 をレセプタクル 8 8 の凹入部 104 に挿入すると、フェルール 26 の先端部が凹入部 104 の底部付近で止まり、フェルール 26 と凹入部 104 とが同軸となる。フェルール 26 はその中心軸部に光ファイバ 24 の一端縁を挿入しているため、光ファイバ 24 と凹入部 104 とが同軸となる。

【0038】凹入部 104 の口径の精度が 10  $\mu$ m 程度であっても、凹入部 104 とフェルール 26 とはテーパ部 106 で位置決めされるため、凹入部 104 の形成に高い加工精度が要求されない。

【0039】かかる構成の光半導体モジュール 8 2 は以下の手順で製造することができる。

【0040】まず、半導体発光素子 4 を第 1 の筒体 8 4

内に挿入し、半導体発光素子 4 と第 1 の筒体 8 4 とを位置 9 0 で溶接する。次に、レンズ 6 を第 2 の筒体 9 4 内に挿入したのち、第 2 の筒体 9 4 と第 3 の筒体 8 6 とを位置 9 5 で溶接する。レセプタクル 8 8 にはフェルール 26 を挿入しておく。

【0041】第 1 の筒体 8 4、第 3 の筒体 8 6 およびレセプタクル 8 8 を図 9 に示す関係位置に保持して、半導体発光素子 4 の光半導体チップ 12 から光を放射させる。そして、光ファイバ 24 に入射する光の強度を測定しながら、最大の光強度が得られるように摺動調整を行う。この摺動調整では、第 3 の筒体 8 6 に対して第 1 の筒体 8 4 を軸方向に摺動させて位置決めし（位置ずれの許容幅は約 80  $\mu$ m）、位置決め後に第 1 の筒体 8 4 の上端部を第 3 の筒体 8 6 に位置 9 2 で溶接する。

【0042】一方、軸ずれの調整は第 3 の筒体 8 6 とレセプタクル 8 8 との突き合わせ面で行う（位置ずれ許容幅は約 34  $\mu$ m）。この調整後に第 3 の筒体 8 6 の縁部の位置 102 で YAG レーザによる溶接を行い、第 3 の筒体 8 6 の上端面 9 8 をレセプタクル 8 8 の下端面 100 に固定する。YAG レーザ光を突き合わせ面に傾けて照射すると、接合強度を高めることができる。溶接時に  $\pm 5 \mu$ m 程度の位置ずれが発生するが、いずれにおける位置ずれも許容範囲内に納まるため、高い光結合効率を有する光半導体モジュールを歩留まりよく製造することができる。また、光半導体モジュール 8 2 の全長のばらつきを小さく抑えることができる。

【0043】さらに、レセプタクル 8 8 に対するフェルール 26 の光軸合わせは、前者の凹入部 104 の底面付近と後者のテーパ部 106 とで行われるため、凹入部 104 に高い加工精度が要求されない。このために加工が容易となり、コストを低減させることができる。また、光半導体チップ 12 とレンズ 6 の中心軸とが僅かにずれていても、第 3 の筒体 8 6 とレセプタクル 8 8 との軸ずれ調整時に光学的に補正することができる。レセプタクル 8 8 の下端面 100 の外径を第 3 の筒体 8 6 の上端面 9 8 の外径よりも若干大きく形成しているため、軸ずれの補正量が増えても、第 3 の筒体 8 6 の一部分がレセプタクル 8 8 の外径からはみ出すことがなく、光半導体モジュール 8 2 の外径 W を常に一定値に揃えることができる。

【0044】また、第 3 の筒体 8 6 とレセプタクル 8 8 とを溶接によって接合するとき、前者の上端面 9 8 と後者の下端面 100 との境界に、YAG レーザ光で溶けた高温のダストが発生するが、このダストは YAG レーザ光の進行方向に吹き飛ばされて突起部 9 7 に付着するので、ダストが穴 9 6 内に侵入することが防止される。

【0045】このため、レンズ 6 の表面を常に清浄に保つことができる。

【0046】（実施例 5）図 10 に示す実施例での光半導体モジュール 112 は、実施例 4 における光半導体モ



ジュール 8 2 と一部分において共通し、共通する構成要素には同一符号が付してある。この光半導体モジュール 1 1 2 は、半導体発光素子 4 を挿通して固定した第 1 の筒体 8 4 と、レンズ 6 を挿通して固定した第 2 の筒体 9 4 と、第 1 および第 2 の筒体 8 4、9 4 間に下端縁を介入させた第 3 の筒体 1 1 4 とで筒状ホルダを構成し、これにレセプタクル 1 1 6 を接合している。第 2 の筒体 9 4 が第 3 の筒体 1 1 4 の穴 1 1 8 の下端部に挿通されており、穴 1 1 8 の上端部をとり囲む筒状の突起部 1 2 0 が、その先端面 1 2 2 に開口 1 2 4 を有している。

【0047】レセプタクル 1 1 6 の凹入部 1 2 6 はストレートの穴になっており、この穴に挿入されたフェルール 2 6 の先端面 1 2 8 が、第 3 の筒体 1 1 4 の突起部 1 2 の先端面 1 2 2 に当接している。レセプタクル 1 1 6 はその下端面 1 3 0 に、第 3 の筒体 1 1 4 の突起部 1 2 0 を受け入れるための凹部 1 3 1 を有している。レセプタクル 1 1 6 の下端面 1 3 0 が第 3 の筒体 1 1 4 の上端面 1 3 2 に突き合わされており、第 3 の筒体 1 1 4 はその縁部の位置 1 3 4 でレセプタクル 1 1 6 に溶接されている。

【0048】レセプタクル 1 1 6 の凹入部 1 2 6 はストレートの穴になっているので、一端部に窪みのある穴に比べて高い精度でかつ安価に加工できる。このために本例では  $3\mu\text{m}$  以下の公差で加工している。第 3 の筒体 1 1 4 の開口 1 2 4 は、レンズ 6 で集束された光を損失なく光ファイバ 2 4 に入力させるので、その直径は約  $1\text{mm}$  となされている。第 3 の筒体 1 1 4 の穴 1 1 8 はレンズ 6 と同様に約  $1.7\text{mm}$  の直径を有している。開口 1 2 4 を有する端面 1 2 2 がフェルール 2 6 の先端面 1 2 8 に安定に接するように、開口 1 2 4 の直径はフェルール 2 6 の先端面 1 2 8 よりも小さく形成している。

【0049】第 1 の筒体 8 4、第 3 の筒体 1 1 4 およびレセプタクル 1 1 6 の各部品は、ある程度精密な加工を必要とする。とくにレセプタクル 1 1 6 の穴 1 2 6 は  $3\mu\text{m}$  以下の穴径公差を必要とする。一般に、光半導体モジュールには、切削性および耐食性にすぐれたオーステナイト系ステンレス鋼が使用されているが、オーステナイト系ステンレス鋼はニッケルを含有するので、溶接に伴う溶解で硫黄とニッケルとが反応し、硫化物を生成して溶接部に亀裂を生じることがある。

【0050】本実施例では、第 1 の筒体 8 4、第 3 の筒体 1 1 4 およびレセプタクル 1 1 6 にフェライト系ステンレス鋼を使用している。フェライト系ステンレス鋼はニッケルを含まないので、溶接に伴う溶解でニッケル系硫化物が生成されず、溶接部に亀裂を生じない。とくに、 $0.05$  重量% 以下の硫黄を含有するフェライト系ステンレス鋼を用いると切削性が改善される。硫黄の含有量が多いほど切削性は良好となるが、硫化物が発生しやすくなるので硫黄の含有量は  $0.05$  重量% 以下とするのが好ましい。

【0051】上述した構成では、レンズ 6 から光ファイバ 2 4 の先端面（フェルール 2 6 の先端面 1 2 8）に至る距離が、第 3 の筒体 1 1 4 の外形によって一義的に決まるので、レセプタクル 1 1 6 の形状に依存しない。したがって、部品の加工精度に由来するばらつきの範囲が狭められ、製造歩留まりを向上させ得るのみならず、光軸の調整がより容易となる。

【0052】また、レセプタクル 1 1 6 の下端面 1 3 0 と第 3 の筒体 1 1 4 の上端面 1 3 2 とを突き合わせて両者を溶接する際に生じたダストは、突起部 1 2 0 による遮蔽作用のために、光路となる穴 1 1 8 内に侵入せず、ダストがレンズ 6 の表面に付着しない。さらに、精密加工を必要とする部品の穴形状が単純化されるので、その加工が容易となり、部品製造のコストを低減させることができる。

【0053】以下に図 10 および図 11 を参照しながら光半導体モジュール 1 1 2 の製造方法を説明する。まず、半導体発光素子 4 を第 1 の筒体 8 4 内に挿入して、半導体発光素子 4 と第 1 の筒体 8 4 とを位置 9 0 で溶接し固定する。次いで、レンズ 6 を第 2 の筒体 9 4 内に挿入し、両者を位置 9 5 で溶接して固定する。レセプタクル 1 1 6 にはフェルール 2 6 を挿入しておく。

【0054】図 11 の (a) は光半導体モジュール 1 1 2 の組立および軸調整のための調整装置 1 4 2 を示すもので、その要部が図 11 の (b) に拡大して示されている。

【0055】第 1 の筒体 8 4 およびレセプタクル 1 1 6 はそれぞれ金属製の支柱 1 4 4 およびステージ 1 4 6 に保持されている。ステージ 1 4 6 は X、Y、Z の 3 軸方向に移動できるようになっており、ホルダ 1 1 4 がレセプタクル 1 1 6 から離れないように、ホルダ 1 1 4 は板ばね 1 4 8 でレセプタクル 1 1 6 に押さえつけられている。板ばね 1 4 8 にはホルダ 1 1 4 の外径よりも広い幅の溝 1 4 9 が設けられており、ホルダ 1 1 4 は溝 1 4 9 内で X 軸方向および Y 軸方向に移動できる。板ばね 1 4 8 はステージ 1 4 6 に固定されているが、ステージ 1 4 6 に固定されたレセプタクル 1 1 6 はホルダ 1 1 4 から独立して X 軸方向および Y 軸方向に移動できる。レセプタクル 1 1 6 に挿入されたフェルール 2 6 は、弦巻ばね 1 5 0 によってホルダ 1 1 4 に突き当てられている。弦巻ばね 1 5 0 はストッパ 1 5 2 で片端が固定されている。

【0056】ステージ 1 4 6 を Z 軸方向に移動させると、ホルダ 1 1 4 の上端面の外周縁には  $0.5\text{mm}$  の面とり加工が施されているので、第 1 の筒体 8 4 内に容易に挿入できる。第 1 の筒体 8 4 は X 軸、Y 軸および Z 軸方向に固定されているので、第 1 の筒体 8 4 内に挿入された第 3 の筒体 1 1 4 は Z 軸方向にのみ移動することができる。第 3 の筒体 1 1 4 は板ばね 1 4 8 で Z 軸方向に押さえつけられており、一方、レセプタクル 1 1 6 は X



軸、Y軸およびZ軸方向に移動できるので、第1の筒体84に第3の筒体114を挿入した状態でレセプタクル116をX軸方向およびY軸方向に軸調整できる。フェルール26の先端面128は第3の筒体114の先端面122に常に当接して軸調整される。軸調整の終了後に、第1の筒体84と第3の筒体114とをYAGレーザで溶接し、その後に第3の筒体114とレセプタクル116との軸ずれを調整して溶接する。

【0057】上述した方法によると、半導体発光素子4を発光させて光軸を調整する間、半導体発光素子4から発せられた熱は金属製の支柱144を通じて放散される。また、フェルール26を下方からばね150で加圧しているので、光ファイバ24の受光面の位置を常に一定にしたまま（第3の筒体114の突起部120に当接させたまま）組み立てることができる。さらに、第3の筒体114を板ばね148でZ軸方向にのみ押圧しているので、レセプタクル116をZ軸方向に移動させても第3の筒体114とレセプタクル116とが離れず、しかも、第3の筒体114を第1の筒体84に挿入したままZ軸方向に移動させることができる。したがって、すべての溶接部分は常に接触状態を保ち、軸調整の直後に溶接して固定することができる。これによって、組立の簡素化と組立時間の短縮の効果を得ることができる。

【0058】（実施例6）図12に示す実施例の光半導体モジュール162は、実施例5における光半導体モジュール112と一部分において共通しており、共通する構成要素には同一符号が付してある。この光半導体モジュール162は、レセプタクル164内にセラミックス製のスリーブ166を有している点で実施例5の光半導体モジュール112と相違している。セラミックス製の部品は高い精度で加工できるので、スリーブ166の穴168も高い精度で加工されている。スリーブ166を挿入するための穴170に対しては、穴168に対するほど高い加工精度を要しないので、レセプタクル164に高い加工精度が要求されず、製造コストの低減を図ることができる。第1の筒体84および第3の筒体114にも高い加工精度が要求されないため、第1の筒体84、第3の筒体114およびレセプタクル164を金属粉末を成形して焼結させる焼結工法を適用して形成し、部品の低コスト化を図っている。本実施例によると、構成部品の点数は増えるが、トータル的に部品価格を低減させることができる。なお、スリーブ166の材質はセラミックスに限定されず、精密加工が可能であれば金属であってもよい。

【0059】（実施例7）図13に示す実施例の光半導体モジュール182は、実施例5における光半導体モジュール112と一部分において共通しており、共通する構成要素には同一符号を付している。この光半導体モジュール182は、レセプタクル116の中心軸とレンズ6の中心軸（光軸）とが同軸でなく、約5度傾いている

点で実施例5の光半導体モジュール142と相違している。フェルール26の中心軸をレンズ6の中心軸に対し約5度の角度で傾けるために、第3の筒体184の穴186の中心軸に直角な面に対し、面188および面190がともに約5度の角度で傾いている。

【0060】フェルール26の中心軸がレンズの中心軸と一致していると、光ファイバ24の先端面192で反射した光が逆行し、レンズ6で集束されて光半導体チップ12側に戻る。光半導体チップ12に反射光が入射すると、その発光状態が不安定になりやすい。これを防ぐためにフェルール26を光軸に対して傾けると、反射光は光軸と異なる方向に進むので光半導体チップ12側に戻らず、光半導体チップ12の発光状態を安定化させることができる。かかる構造はとくに、アナログ信号用の光半導体モジュールに適しており、歪み特性を改善できる。

【0061】なお、本実施例では傾斜角度を約5度としたが、光ファイバ24への光的結合を損なわずに前記反射光の半導体発光素子側への戻りを抑制できれば、如何なる角度であってもよい。しかし、傾斜角度が過大になると光ファイバ24に対して高い光結合効率で光を入射させることが困難になるので、3～6度が好ましい。

【0062】（実施例8）図14に示す実施例での光半導体モジュール202は、半導体発光素子204と、筒状ホルダ206と、レセプタクル208とを有している。半導体発光素子204は、光半導体チップ12と保護キャップ14とステム16とを有し、円盤状のステム16上にマウント18を介して光半導体チップ12が固定されている。光半導体チップ12を覆う保護キャップ14もステム16に固定されている。

【0063】光半導体チップ12から発せられた光は、保護キャップ14に設けられた導光体210を通じてとり出される。ステム16およびマウント18は鉄系の金属からなり、金めっき層を表面に有している。光半導体チップ12には端子ピン22が接続されている。

【0064】導光体210は全反射膜としての金属めっき層を外周面に備えた直径2mm、長さ1mmのガラス円板からなり、鏡面仕上げされた両端面に反射防止膜を有している。導光体210の外端面は光半導体チップ12に0.5mmの距離で近接した位置を占めている。筒状ホルダ206内に固定されているロッド型レンズ212の外周面は全反射膜としての金属めっき膜で覆われている。筒状ホルダ206は、半導体発光素子204の保護キャップ14に、位置214において溶接されている。レセプタクル208は、フェルール26を支承する凹入部216を有しており、筒状ホルダ206と突き合わされて、位置218で溶接されている。

【0065】光半導体チップ12から発せられた光の大部分は導光体210に入射する。導光体210はレンズ212に当接しており、入射光のうち広がり角の大きい

光は導光体 2 1 0 およびレンズ 2 1 2 の各外周面に設けられた金属めっき膜で反射するので、光半導体チップ 1 2 から発せられた光は、レンズ 2 1 2 を通じて光ファイバ 2 4 に効率よく入射する。

【0 0 6 6】導光体 2 1 0 は光半導体チップ 1 2 から 0. 5 mm だけ離れて設けられているので、レンズ 2 1 2 で集束された光はレンズ 2 1 2 の外端面から 1 mm の位置に集光する。レセプタクル 2 0 8 に挿入されたフェルール 2 6 の先端面は、レンズ 2 1 2 の外端面から 1 mm の位置で止まるので、ロッド型レンズ 2 1 2 と光ファイバ 2 4 の先端との間隔は、レセプタクル 2 0 8 で機械的に決まる。このため、筒状ホルダ 2 0 6 をレセプタクル 2 0 8 に対し半径方向に摺動させて軸ずれ調整を行う。

【0 0 6 7】このような構成では、ハウジング構成部品が 2 個で足り、しかも、調整は半径方向への摺動調整だけでよいので、調整作業を容易ならしめることができる。

【0 0 6 8】上述した実施例では、光半導体チップにレーザダイオードを用いたが、発光ダイオードなどを用いてもよい。また、光半導体チップから放射された光を光ファイバの先端面に集光するレンズは非球面のものに限定されず、ボールレンズなどの集光特性を有するものであってもよい。さらに、第 1 の筒体、第 3 の筒体およびレセプタクルを溶接によって接合する代わりに、用途によっては接着剤による接合など、溶接以外の接合方法を適用できる。

【0 0 6 9】実施例 5 において用いた 0. 0 5 重量%以下の硫黄を含有するフェライト系ステンレス鋼は、実施例 5 に特有のものではないので、その他の実施例における第 1 および第 3 の筒体や、レセプタクル等にも同様に使用できる。また、実施例 6 で用いたセラミックス製のスリーブも、その他の実施例に同様に適用できる。さらに、実施例 7 以外の光半導体モジュールにおいても、レンズの光軸と光ファイバの光軸とを相対的に傾斜させることができる。

【0 0 7 0】

【発明の効果】以上のように本発明によると、光半導体素子からレンズを通じて光ファイバの受光面にいたる光学系で高い光結合効率を維持しながら、構成部品の数を

減少させたり、コストを低減させたりすることができる。また、光半導体モジュールの軸方向長のばらつきを低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 2】光半導体モジュールの光路を概略的に示す説明図。

【図 3】レンズと光ファイバとの間隔に対する光結合効率の特性図。

【図 4】光半導体チップとレンズとの間隔に対する光結合効率の特性図。

【図 5】光ファイバの軸ずれ量に対する光結合効率の特性図。

【図 6】光半導体チップの軸ずれ量に対する光結合効率の特性図。

【図 7】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 8】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 9】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 1 0】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 1 1】光半導体モジュールの組立装置の側断面図および同装置の要部の斜視図。

【図 1 2】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 1 3】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【図 1 4】本発明の他の実施例の光半導体モジュールの側断面図。

【符号の説明】

4 半導体発光素子

6 レンズ

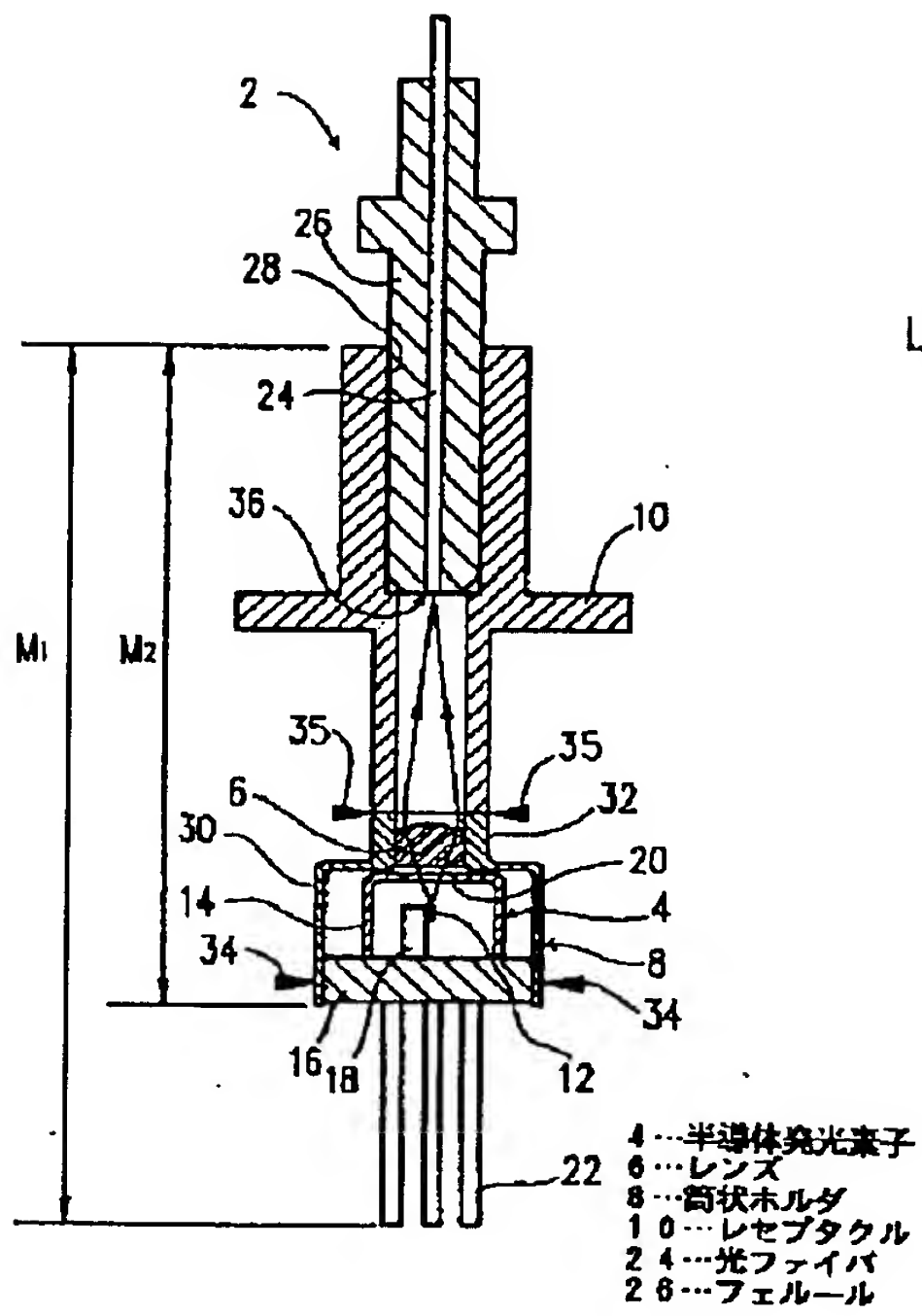
8 筒状ホルダ

1 0 レセプタクル

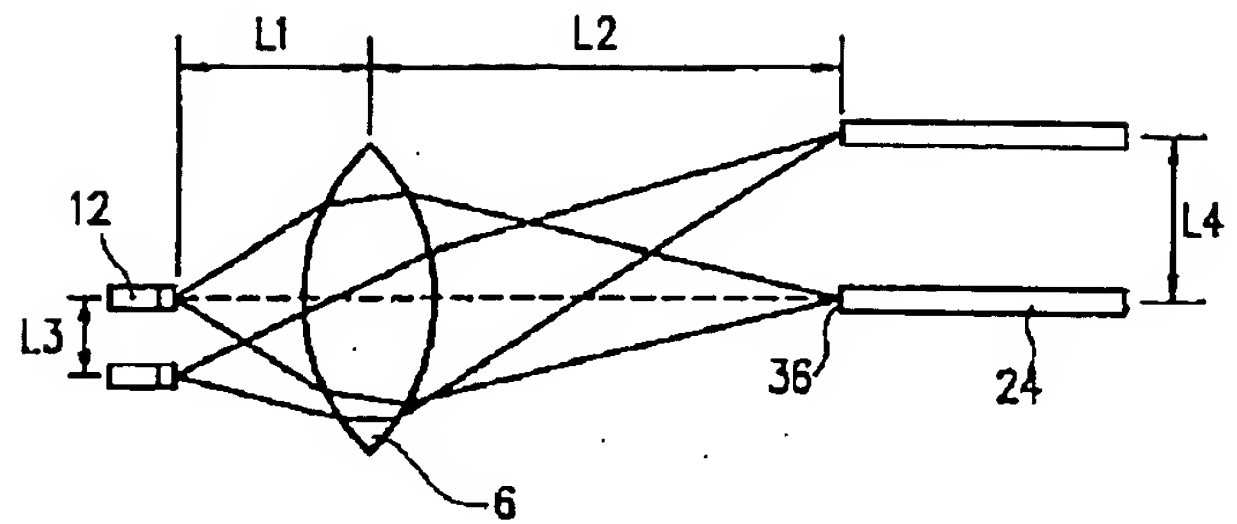
2 4 光ファイバ

2 6 フェルール

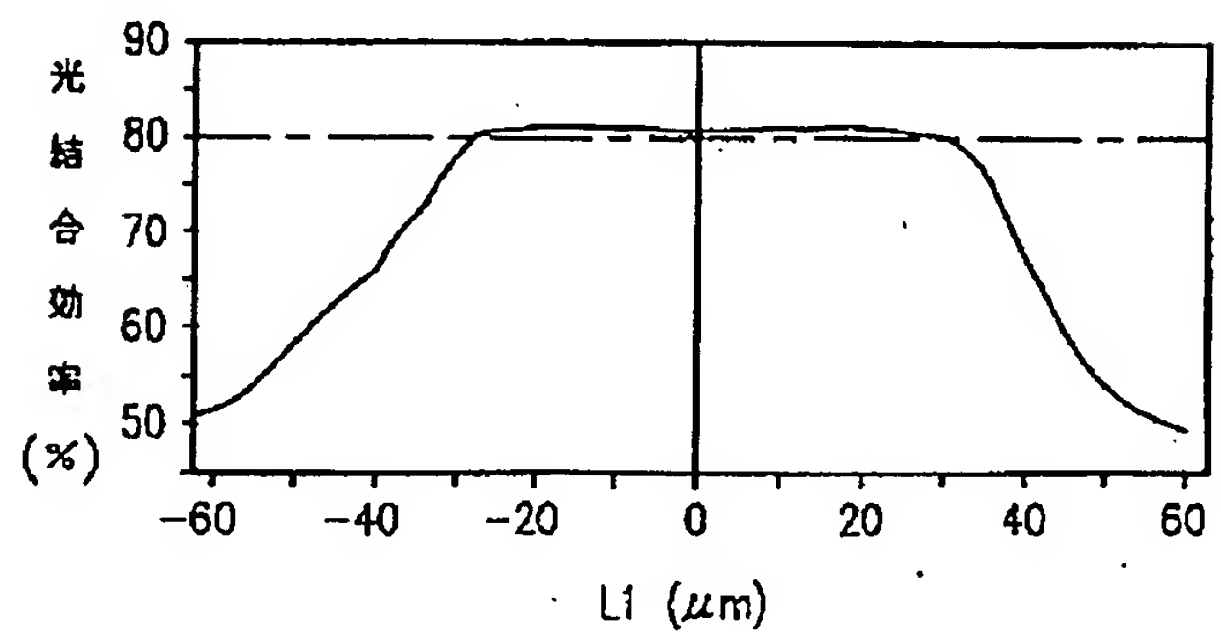
【図 1】



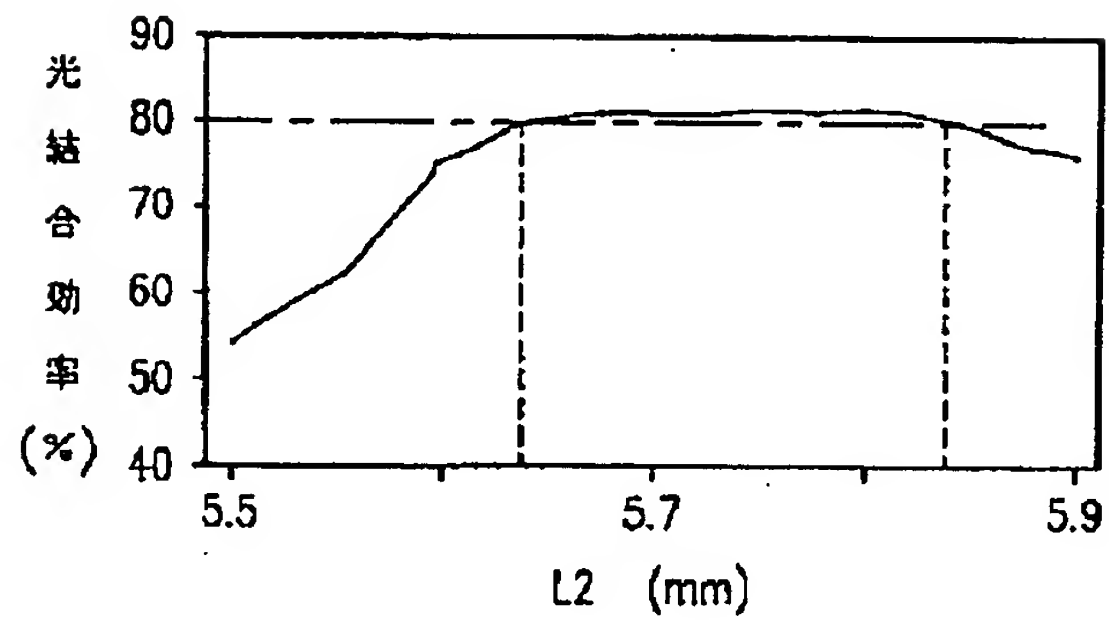
【図 2】



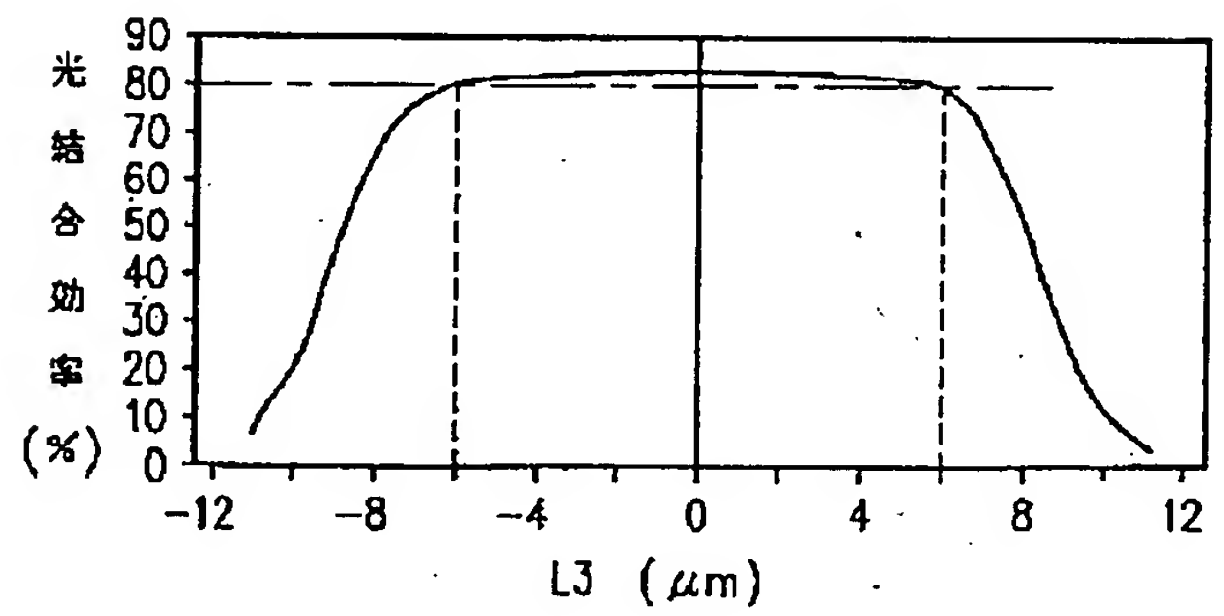
【図 4】



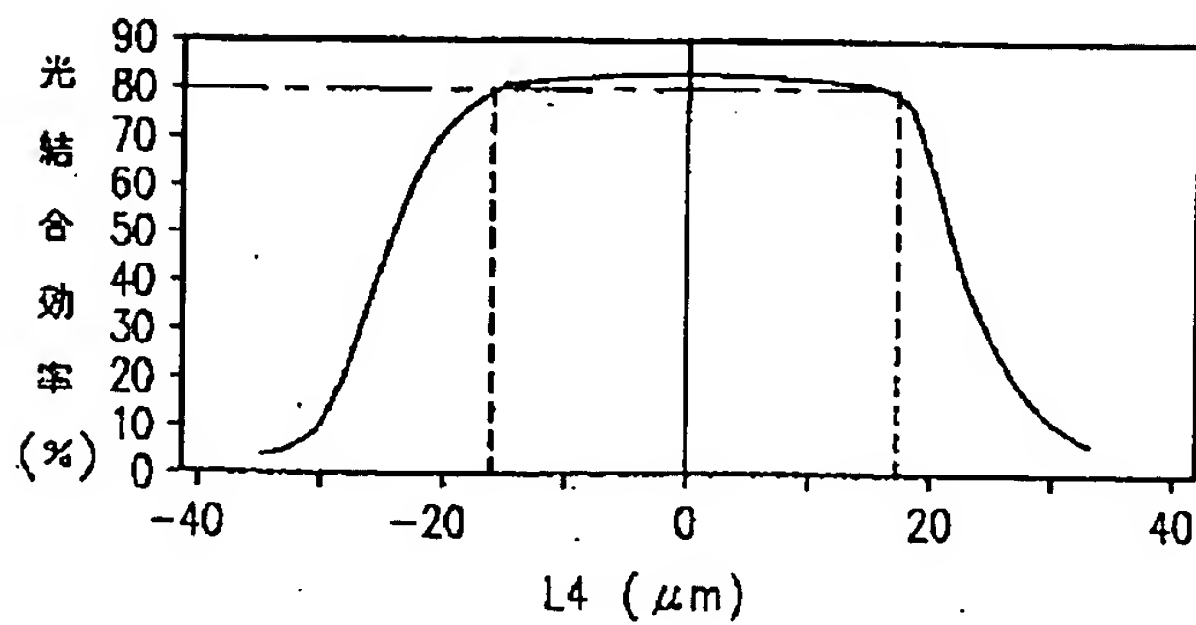
【図 3】



【図 6】

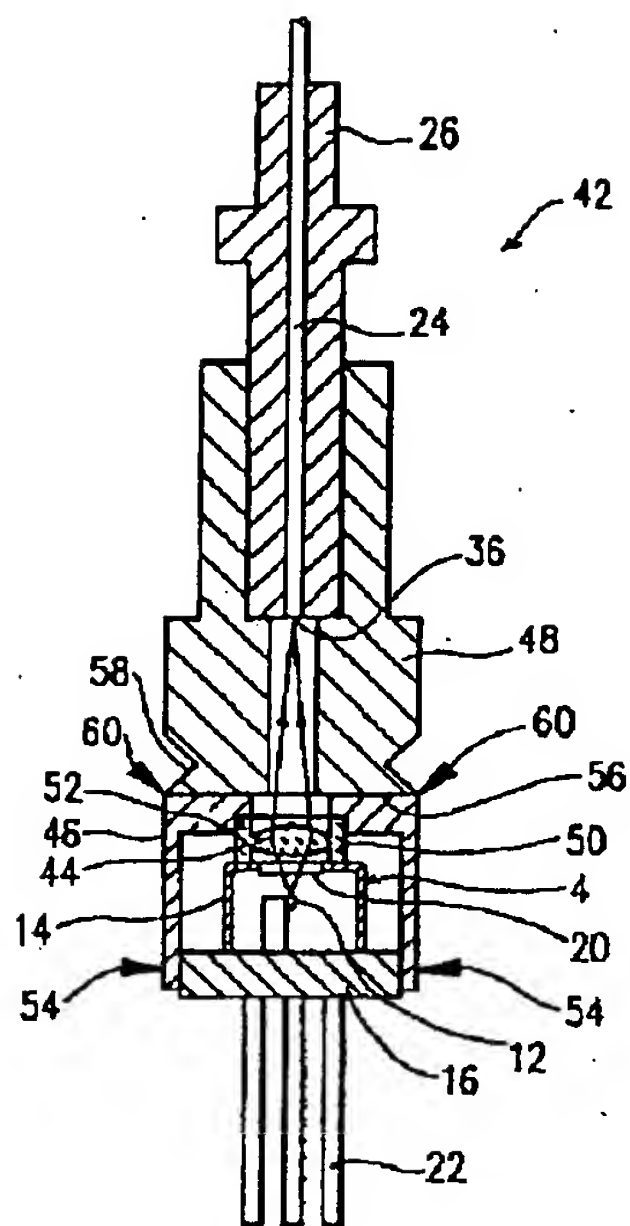


【図 5】

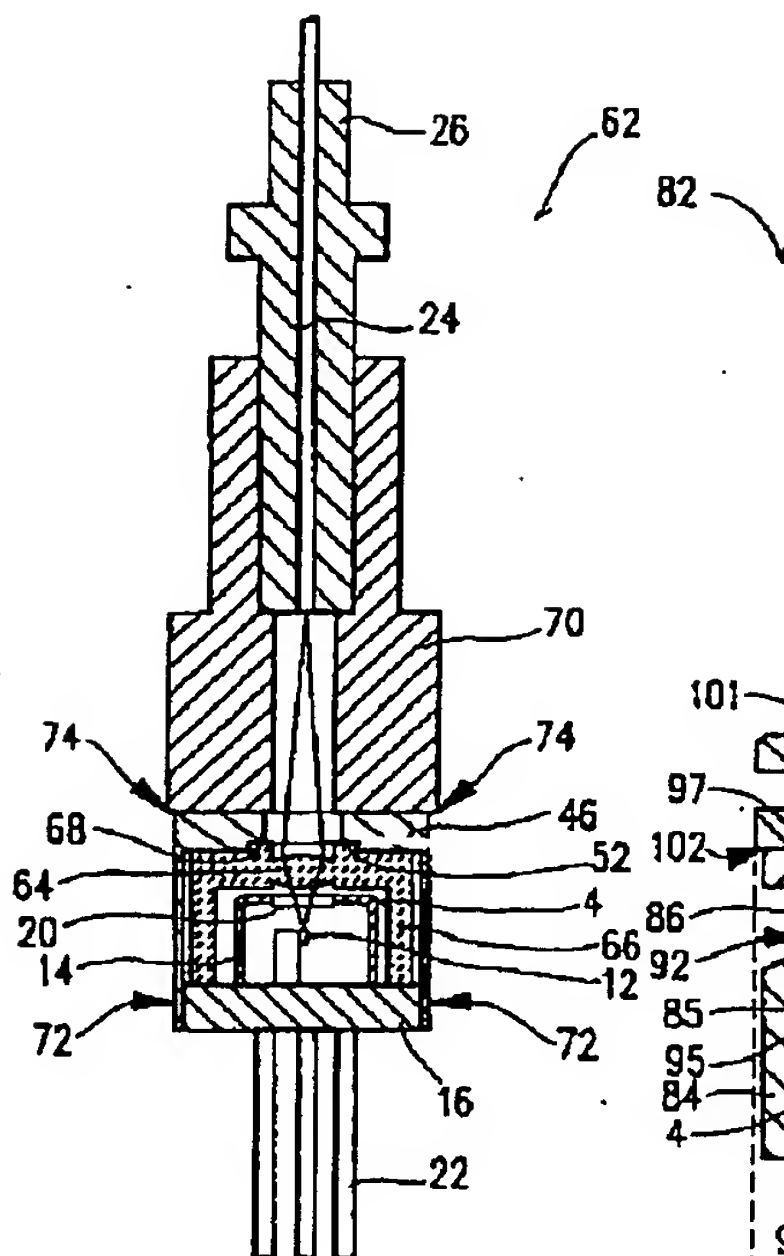




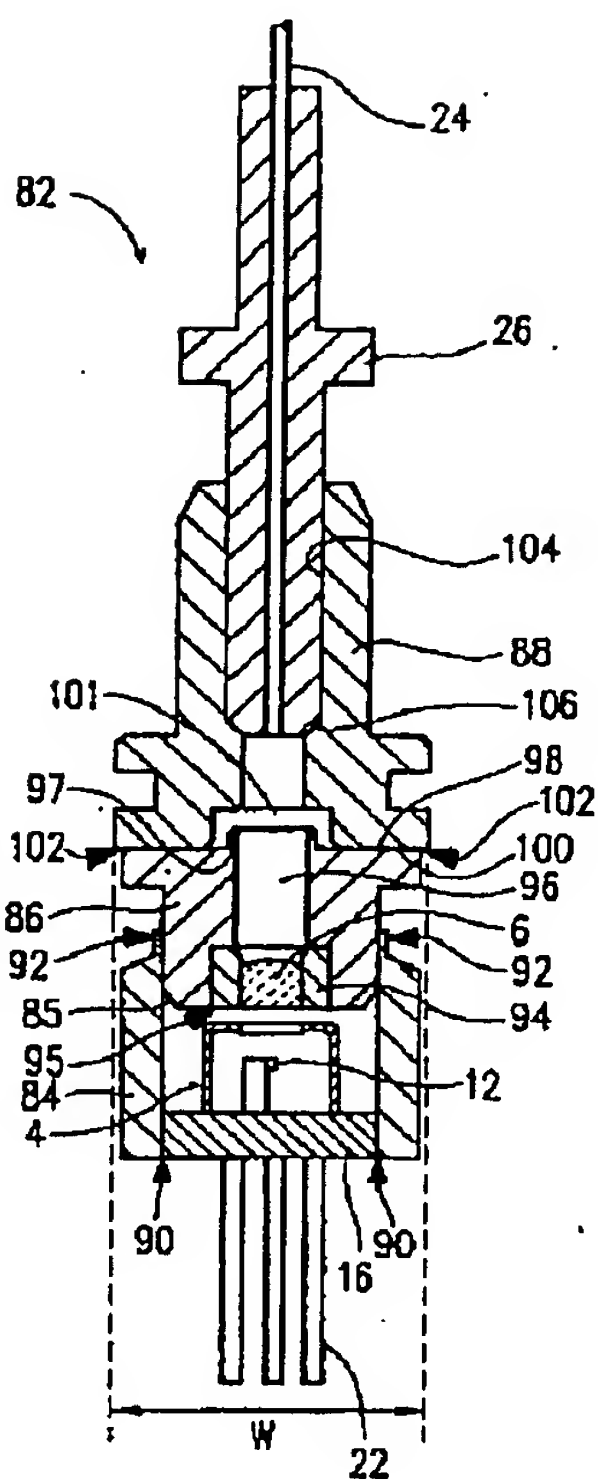
【圖 7】



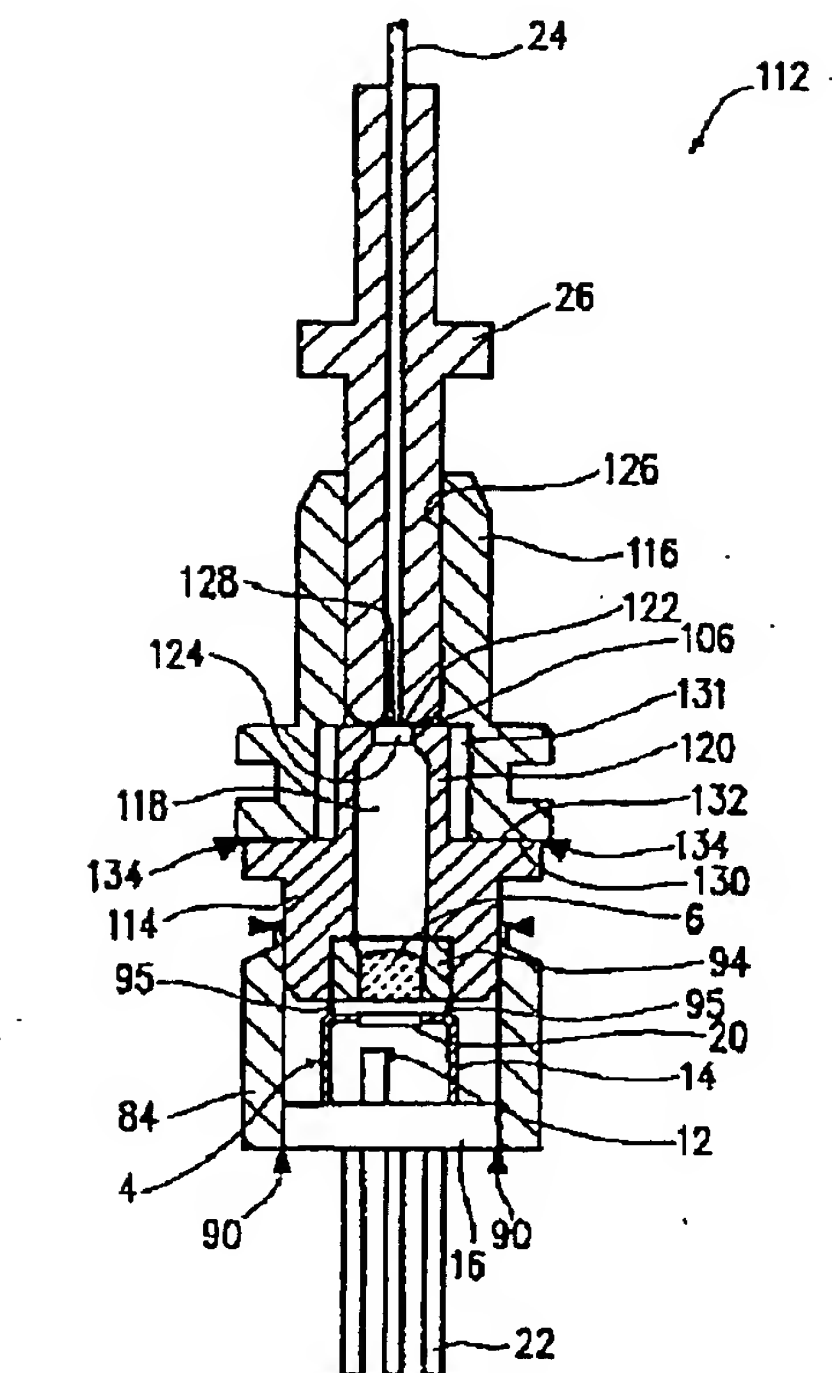
【图 8】



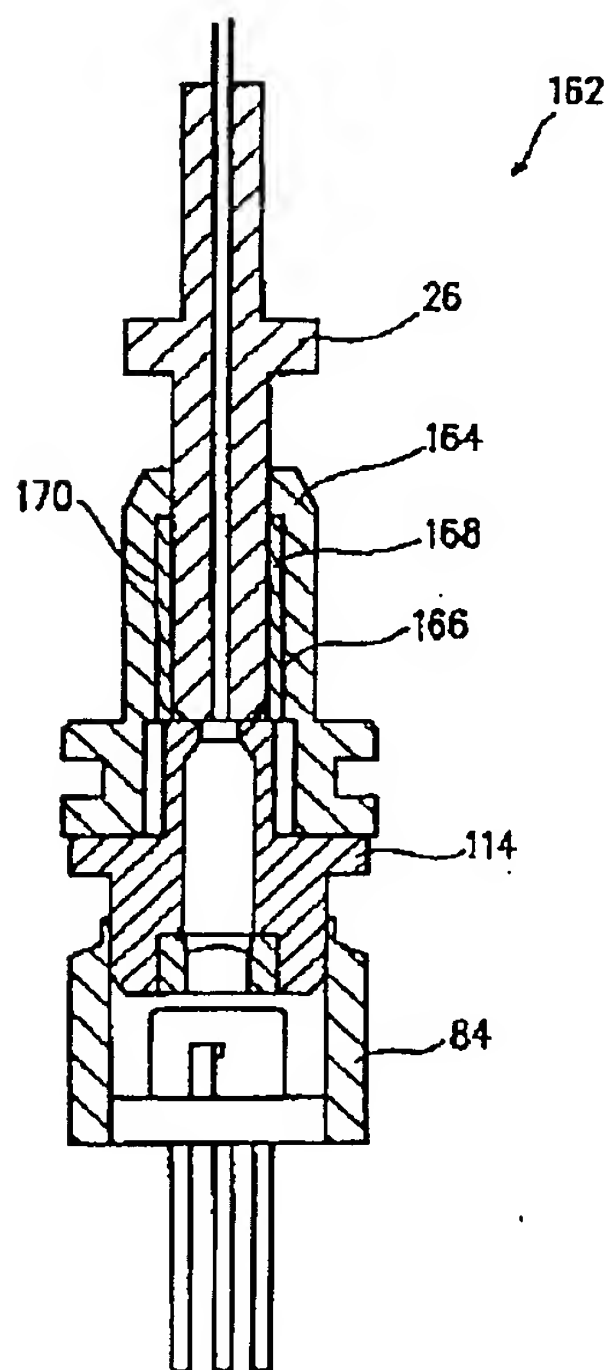
【图 9】



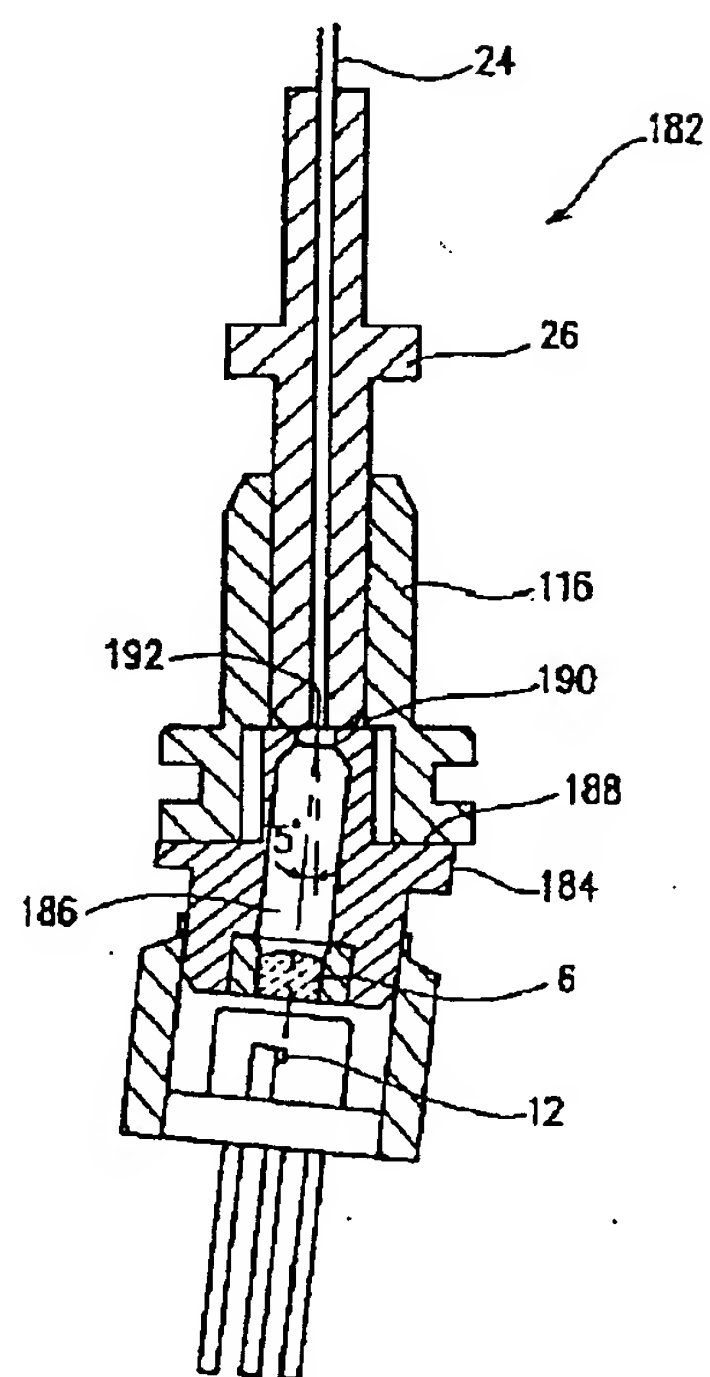
【図 10】



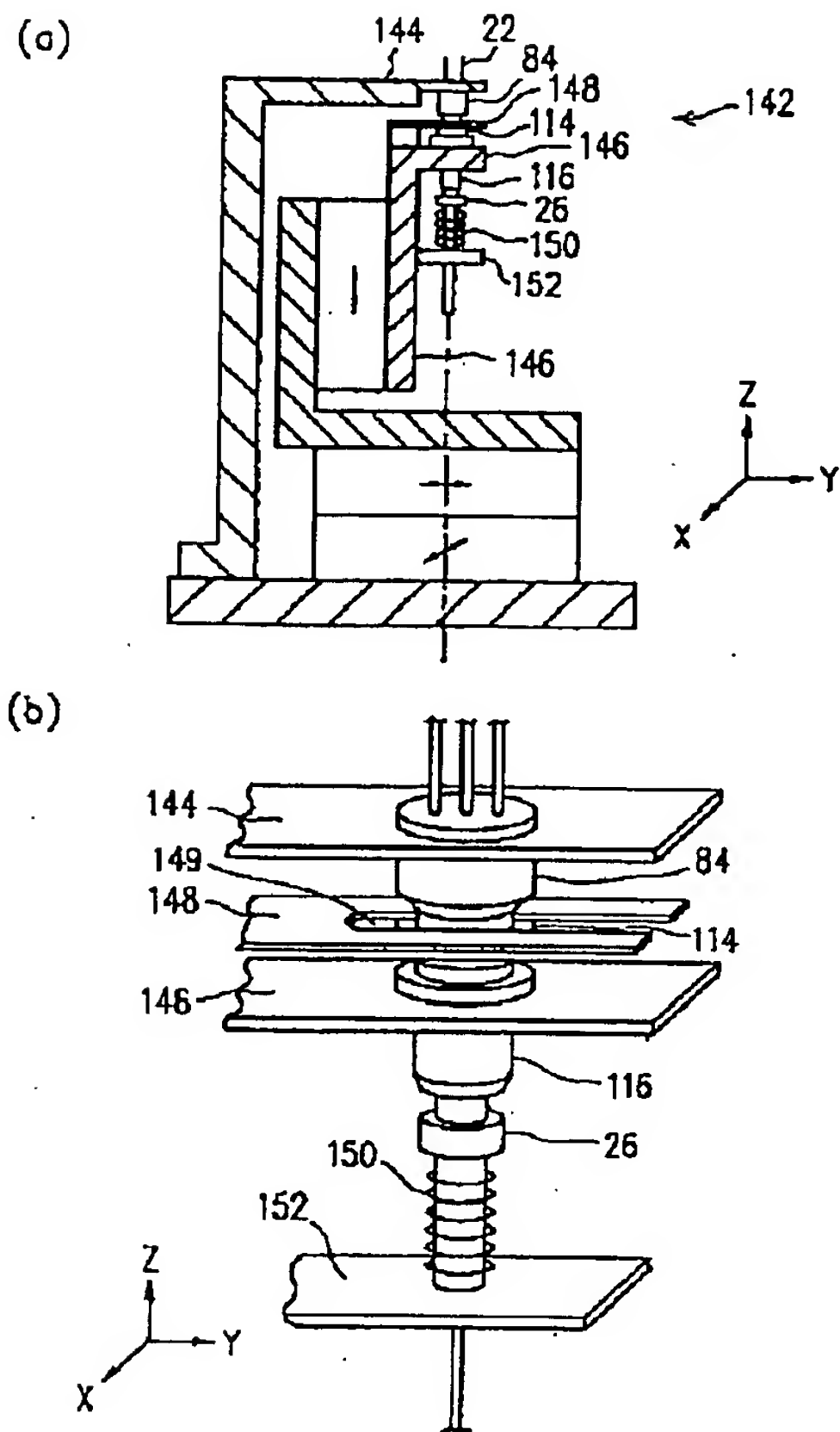
【图 12】



【図 13】



【図 1 1】



【図 1 4】

